

刘沁萍, 李欢, 田洪阵, 等. 中国大陆海岸带土地利用/覆盖变化及其可持续发展 [J]. 地理科学, 2024, 44(10): 1695-1705. [Liu Qinpeng, Li Huan, Tian Hongzhen et al. Land use and cover change and sustainable development in the coastal zone of mainland China. Scientia Geographica Sinica, 2024, 44(10): 1695-1705.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.20230305

中国大陆海岸带土地利用/覆盖变化 及其可持续发展

刘沁萍¹, 李欢¹, 田洪阵¹, 魏娜¹, 吴箬¹, 李乐², 常青¹

(1. 天津工业大学经济与管理学院, 天津 300387; 2. 呼和浩特市第二中学敕勒川分校, 内蒙古 呼和浩特 010000)

摘要: 土地利用/覆盖变化是全球土地研究的重要问题, 而海岸带则是该领域研究的热点区域。本研究选取土地利用/覆盖数据, 利用土地利用动态度、转移矩阵、土地利用变化图谱和联合国可持续发展目标评价指标, 分析了中国大陆海岸带土地利用变化特征及实现可持续发展目标进展情况。结果表明: ① 1985—2021 年, 土地利用/覆盖变化总体趋势以耕地萎缩和不透水面扩张为主, 其次是林地扩张, 再次是灌丛、草地和裸地收缩, 最后是水域小幅度扩张。② 前期土地利用类型组成结构以耕地和林地为主, 后期以耕地、林地和不透水面为主。③ 土地利用变化过程的离散程度低, 耕地向不透水面转换的变化比例最高, 集中分布在环渤海湾、长江三角洲和珠江三角洲等人口密度高的经济圈地带。④ 森林覆盖率总体上升 0.88%, 森林面积增加了 4 088.89 km², 满足联合国可持续发展 15.1.1 目标。森林覆盖得到有效的恢复和控制, 呈现改善趋势, 满足可持续发展 15.2 目标要求。土地退化率前期迅速增加, 后期趋于稳定, 36 a 间研究区土地退化率为 11.76%, 土地退化面积仍高于改善面积, 与实现 2030 年可持续发展目标 15.3(土地退化零增长)还存在一定距离。未来需合理规划中国大陆海岸带土地利用, 加大土地改善力度。

关键词: 中国大陆海岸带; 土地利用变化; 联合国可持续发展目标; 土地利用转移矩阵; 土地利用变化图谱

中图分类号: P748; P967 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2024)10-1695-11

海岸带是经济活动和人口最为集中的区域, 其健康可持续发展得到各沿海国家 and 地区的高度重视。早期, 学者们通过沿海滩涂资源研究海岸带土地利用变化情况^[1-2]。进入 21 世纪, 国内外对海岸带土地利用/覆盖变化的研究主要集中于土地利用的分类方法^[3]、动态变化监测^[4-7]、驱动力和环境响应^[8-10]等方面。伴随着城市化进程的快速推进, 人类对土地的需求不断增加, 同时在经济利益驱动下, 海岸带土地不断被开发利用, 具体表现在填海造陆、水产养殖和人工水面扩张 3 个方面^[11-12], 这些建设带动了中国沿海地区贸易的增长和技术产业的转型, 创造了巨大的经济效益, 是解决沿海城市土地紧缺的重要途径^[13-14]。但是, 过度地建设扩张活动引发了严重的海岸带土地退化和生态环境问题。人类活动与气候变化不断威胁着海岸带区域的可持续发展, 主

要体现在耕地破坏、森林砍伐、湿地丧失、水体污染和地面沉降等方面^[15-16]。同时, 海岸带自然用地类型转向人工用地类型的过程使沿海地区的景观特征愈加复杂、分散和碎片化, 导致生物多样性和生态系统服务价值减小, 海岸带土地利用的可持续性问题日益凸显^[17-19]。

为了探究土地利用变化对可持续发展的影响, 许多研究从景观格局变化、生态安全评价、生态承载力和生态系统服务价值的角度进行了分析^[19-22]。随着《2030 年可持续发展议程》(<https://sdgs.un.org/2030agenda>)的通过, 土地利用/覆盖的可持续发展研究开始引入具体的可持续发展目标, 并逐渐成为研究热点^[23-27]。现有文献将土地利用变化与可持续发展相结合, 为揭示土地利用变化规律和响应联合国可持续发展目标提供了新的思路。但是研究时

收稿日期: 2023-04-10; 修订日期: 2023-08-12

基金项目: 天津市哲学社会科学研究规划项目(TJGL21-025)资助。[Foundation: Tianjin Philosophy and Social Science Research Planning Project (TJGL21-025).]

作者简介: 刘沁萍(1979—), 女, 河南焦作人, 副教授, 博士, 主要从事城市与区域发展研究。E-mail: liuqinping@tiangong.edu.cn

间跨度主要是 21 世纪初期至今, 缺乏早期的海岸带土地变化监测和研究。研究尺度以个别沿海省份和重要流域为主, 研究空间尺度小, 对中国大陆海岸带土地利用变化和可持续性发展目标的完成情况缺乏整体性探讨。本研究以中国大陆海岸带为研究区, 分析 1985—2021 年研究区的土地利用情况和变化规律, 并根据可持续发展目标 15.1.1、15.2 和 15.3.1 指标评估中国大陆海岸带关于联合国可持续发展目标的实施情况。研究结果可以为海岸带环境保护、资源配置规划和可持续发展提供相应的数据支撑和决策参考。

1 数据与方法

1.1 研究区域

中国大陆海岸带紧临全球最大的边缘海群, 具有十分特殊的地质构造背景。研究区的具体范围是距海陆边界线 100 km 的内陆区, 呈“S”形, 纵跨温带、亚热带和热带 3 个气候带, 地势呈西高东低阶梯状, 由陆向海逐渐降低, 地貌类型多样, 气候水文等条件差异显著。本文研究区自北向南依次为: 辽宁省、河北省、天津市、山东省、江苏省、上海市、浙江省、福建省、香港特别行政区、澳门特别行政区、广东省和广西壮族自治区。

1.2 数据来源及预处理

本研究选取了 1985 年、1990 年、1995 年、2000 年、2005 年、2010 年、2015 年和 2021 年 8 期土地利用数据, 数据来源于武汉大学遥感信息处理研究所(<http://irsip.whu.edu.cn/index.php>)。其空间分辨率为 30 m, 总体精度达 80%, 通过实地调查评估, 总体精度在 1 级类中高于 94.3%。剪裁后的研究区土地分类数据存在少数像素点为空值的现象, 因此需对土地利用分类数据进行预处理。处理步骤为: 首先利用空间滤波法, 通过 Google Earth Engine 对各期研究区的土地利用数据进行降噪处理; 之后通过 ArcGIS 对缺失值区域进行填充, 填充值是缺失值区域相邻的 11×11 位置出现最多的像元值。最终得到中国大陆海岸带的土地利用/覆盖数据, 包含耕地、林地、草地、灌丛、不透水面、水域和裸地 7 种类型^[28]。

1.3 研究方法

选取单一动态度、综合动态度^[29]、土地利用变化图谱^[30]、转移矩阵^[31-32]、联合国可持续发展目标 (Sustainable Development Goals, SDG) 15.1.1、

SDG15.2 和 SDG15.3.1 指标^[23]等方法, 对中国大陆海岸带的土地利用/覆盖变化进行分析, 并评估其关于联合国可持续发展目标的实现情况。

1.3.1 土地利用变化图谱

土地利用变化图谱是进行“空间与过程”研究的时空复合体, 选取图谱的空间单元是 30 m×30 m 的网格单元, 并按公式(1)计算前后 2 期土地利用类型的编码, 土地利用变化图谱代数运算公式为:

$$C = A \times 10 + B \quad (1)$$

式中, C 为研究时段内土地利用变化类型的图谱单元代码, A 为前期土地利用类型的图谱单元代码, B 为后期土地利用类型的图谱单元代码。例如编码 12、13 和 14 代表耕地(编码: 1)分别转化为林地(编码: 2)、灌丛(编码: 3)和草地(编码: 4)的土地类型。通过代数运算得到中国大陆海岸带 1985—2021 年的土地利用变化图谱。

引入土地动态变化的变化比例和空间分离度指标进一步体现土地利用类型图谱单元变化特征。变化比例和空间分离度的计算公式为:

$$V_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_{ij} (i \neq j)} \times 100\% \quad (2)$$

$$R_{ij} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{D_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_{ij}}} / \frac{P_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_{ij}} \quad (3)$$

式中, V_{ij} 和 R_{ij} 分别表示变化比例和空间分离度, D_{ij} 、 P_{ij} 分别表示初期第 i 种土地利用类型转变为末期第 j 种土地利用类型的图谱单元数和面积; n 是土地利用类型的个数。 V_{ij} 指转移后的单一土地利用变化图谱占区域内所有已转移的土地利用变化图谱总面积的比例。 R_{ij} 反映土地利用图谱单元在区域空间分布上的离散程度, 分离度越大, 图谱单元在空间上越分散^[33-34]。

1.3.2 可持续发展目标的评价指标

在本研究中, 重点关注联合国可持续发展目标 15 陆地生态系统, 综合考虑研究数据的可获得性和可持续发展目标 15 的定义后, 选择 SDG15.1.1、SDG15.2 和 SDG15.3.1 这 3 个指标研究中国海岸带可持续发展状况。

SDG15.1 内容为“到 2020 年, 根据国际协定规定的义务, 确保保护、恢复和可持续利用陆地和内陆淡水生态系统及其服务, 特别是森林、湿地、山脉和旱地”。其中 SDG15.1.1 为“森林面积占土地总

面积的比例”,即森林覆盖率,该指标可以粗略地代表一个国家或地区的森林得到保护或恢复的程度^[25,35]。

SDG15.2 内容为“到 2020 年,推动对所有类型森林进行可持续管理,停止毁林,恢复退化的森林,大幅增加全球植树造林和重新造林”。本研究利用 1985 年和 2021 年的土地利用数据和转移矩阵量化 SDG15.2,将森林与其他土地类型的不同转换方式定义为森林改善、稳定和退化 3 种管理模式。森林改善是指其他土地利用类型转换为森林的变化方式;未发生转移变化的森林则定义为森林稳定;森林退化是指森林转换为其他土地类型的变化方式(表 1)。

土地退化具有多重影响,包括威胁食物和水安全,影响生物多样性及生态系统服务,引发地区冲突、大规模人口迁徙和疾病传播,加剧贫困及全球气候变化等。为遏制土地退化加剧,扭转恶化的生态环境。联合国提出 SDG15.3:“到 2030 年,防治荒漠化,恢复退化的土地和土壤,包括受荒漠化、干旱和洪水影响的土地,并努力实现零土地退化世界”。联合国防治荒漠化公约(UNCCD)把任何降低生物或经济生产力和土地复杂性的土地变化过程定义为土地退化,将“土地退化零增长(Land Degradation Neutrality, LDN)”作为 SDG15.3 到 2030 年的具体目标。本研究使用 SDG15.3.1“退化土地占

土地总面积的比例”来评估研究区土地退化零增长目标的实现情况。具体通过政府间气候变化专门委员会(IPCC)提出的土地覆盖过渡矩阵,制定中国大陆海岸带土地过渡矩阵^[23, 36-37],将以下用地类型间的转换定义为土地退化,具体包括:耕地转换为灌丛、草地、裸地和不透水面,林地转换为耕地、灌丛、草地、裸地和不透水面,灌丛转换为草地、裸地和不透水面,草地转换为裸地和不透水面,裸地转换为不透水面。

2 结果分析

2.1 中国大陆海岸带土地利用/覆盖格局

2.1.1 土地利用/覆盖总体特征分析

整体来看,研究区人工开发程度在逐渐增加,具体表现为耕地、草地和裸地等大量消失而不透水面迅速扩张(表 2、表 3)。耕地是研究区的主要地类,历年面积均占 46% 以上。其中 1985 年占比最大,为 55.33%。1985—2021 年耕地面积整体呈下降趋势,36 a 减少 9.08%,共 42 066.85 km²。研究前期耕地占比快速下降,2005—2010 年缩减面积达到最大,为 12 710.85 km²。2010 年后,耕地减少的速度放缓,其中 2010—2015 年和 2015—2021 年耕地面积仅减少 0.67% 和 0.18%。林地面积仅次于耕地,其变化总体趋于稳定。2010 年,林地面积占比最大,为 34.48%。1985—2021 年,林地面积占比增

表 1 森林可持续管理的类型和定义

Table 1 Types and definitions of forest management

森林管理模式类型	土地利用类型转换定义
改善	耕地→林地,草地→林地,灌丛→林地,水域→林地,裸地→林地,不透水面→林地
稳定	林地→林地
退化	林地→耕地,林地→草地,林地→灌丛,林地→水域,林地→裸地,林地→不透水面

注:“→”代表“转为”,例如“耕地→林地”表示“耕地转为林地”。

表 2 1985—2021 年中国大陆海岸带土地利用类型面积/km²

Table 2 Area of land use types in the coastal zone of mainland China from 1985 to 2021/km²

土地类型	1985年	1990年	1995年	2000年	2005年	2010年	2015年	2021年
耕地	256 118.87	251 632.61	244 313.24	239 075.51	230 713.07	218 002.22	214 893.44	214 052.02
林地	151 943.60	154 011.65	155 610.59	154 227.02	155 249.76	159 579.25	158 364.04	156 032.49
灌丛	171.06	115.58	98.72	98.52	93.07	77.35	60.72	48.22
草地	8 601.87	7 853.69	6 540.81	5 593.53	5 231.20	4 595.15	4 158.22	3 544.94
水域	17 990.24	19 170.85	20 251.70	21 557.98	23 165.77	23 154.90	22 057.40	20 269.71
裸地	3 546.42	2 993.39	2 434.08	2 325.29	2 125.97	1 832.56	1 462.90	335.80
不透水面	24 469.37	27 063.65	33 592.28	39 963.58	46 262.58	55 599.98	61 844.69	68 558.23

表 3 1985—2021 年中国大陆海岸带土地利用类型面积占比/%

Table 3 Proportion area of land use types in the coastal zone of mainland China from 1985 to 2021/%

土地类型	1985年	1990年	1995年	2000年	2005年	2010年	2015年	2021年
耕地	55.33	54.37	52.78	51.65	49.84	47.10	46.43	46.25
林地	32.83	33.28	33.62	33.32	33.54	34.48	34.22	33.71
灌丛	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
草地	1.86	1.70	1.41	1.21	1.13	0.99	0.90	0.77
水域	3.89	4.14	4.38	4.66	5.01	5.00	4.76	4.38
裸地	0.76	0.64	0.53	0.50	0.46	0.40	0.32	0.07
不透水面	5.29	5.85	7.26	8.64	10.00	12.01	13.36	14.81

加了 0.88%，面积增加了 4 088.89 km²。水域由初期的 3.89% 扩张至 4.38%，增加了 2 279.47 km²。水域在 1985—2005 年稳定增长，且在 2000—2005 年增长最多，为 1 607.79 km²。在 2005—2010 年、2010—2015 年和 2015—2021 年出现不同程度缩减，分别减少 0.01%、0.24% 和 0.38%。扩张面积最显著的是不透水面，1985—2021 年不透水面增加近 2.8 倍，扩张了 44 088.86 km²。2005—2010 年不透水面增长最多，为 9 337.40 km²，扩张最小的阶段是 1985—1990 年，为 2 594.29 km²。裸地和灌丛面积占比较小，裸地占比从初期仅有的 0.76% 下降至末期的 0.07%，减少了 3 210.62 km²，其中，2015—2021 年裸地面积骤减了 1 127.10 km²，2021 年裸地仅有 335.80 km²。灌丛由 1985 年的 0.04% 降低到 2021 年的 0.01%，减少了 122.84 km²。

利用 ArcGIS 将各时期中国大陆海岸带土地利用数据进行空间分析可知，土地利用类型以耕地和林地类型为主，这 2 种用地类型的分布受到气温、地形等因素的影响^[38-39]，形成了以杭州湾为分界线的南北分布差异。耕地主要分布在海岸带北部和广东最南部，而林地主要分布在杭州湾以南地区。除内陆水体外，其余水体汇聚在海陆边界区域，主要

为渤海湾和长江三角洲等区域。研究初期不透水面主要分布在天津、上海以及山东沿海区域，之后不透水面不断扩张，重心向珠江三角洲、长江三角洲、闽南等东南沿海地区转移。整体上不透水面在 1985—2021 年的扩张过程中呈现近海趋势，这表明中国大陆海岸带自然地类的人工化趋势愈演愈烈。

2.1.2 土地利用/覆盖动态变化程度分析

利用综合动态度和单一动态度来衡量研究区土地利用变化的剧烈程度，从表 4 分析可知，中国大陆海岸带土地利用综合动态度呈现出先增大后减小的变化趋势，2005—2010 年综合动态度最大，为 0.68%，说明该时期所有土地变化速度较快。2010 年后，研究区土地变化速度逐渐放缓。

1985—2021 年，各土地利用类型的单一动态度呈现先大后小的趋势(表 4)，表明各土地利用类型变化速度前期快后期慢。各时段面积都减少的类型为耕地、灌丛、草地和裸地，虽然裸地和灌丛面积小但减少比例较大，分别为-2.51% 和-1.99%。林地和水域动态度呈现波动式的变化，表现出在前期增长后期减少的特征。不透水面是各阶段土地类型中增长速度最快的，1990—1995 年不透水面动态度达到峰值，为 4.82%。

表 4 1985—2021 年中国大陆海岸带土地利用动态度/%

Table 4 Change rate of land use in the coastal zone of mainland China from 1985 to 2021/%

动态度	1985—1990年	1990—1995年	1995—2000年	2000—2005年	2005—2010年	2010—2015年	2015—2021年	1985—2021年
综合动态度	0.23	0.51	0.52	0.53	0.68	0.48	0.54	0.26
单一动态度	耕地	-0.35	-0.58	-0.43	-0.70	-1.10	-0.29	-0.46
	林地	0.27	0.21	-0.18	0.13	0.56	-0.15	0.07
	灌丛	-6.49	-2.92	-0.04	-1.11	-3.38	-4.30	-1.99
	草地	-1.74	-3.34	-2.90	-1.30	-2.43	-1.90	-2.46
	水域	1.31	1.13	1.29	1.49	-0.01	-0.95	0.35
	裸地	-3.12	-3.74	-0.89	-1.71	-2.76	-4.03	-12.84
	不透水面	2.12	4.82	3.79	3.15	4.04	2.25	1.81
								5.00

2.1.3 土地利用/覆盖类型转换分析

利用土地利用变化分析图谱, 得到 1985—

2021 年中国大陆海岸带土地利用类型转移的统计

表, 以图谱变化单元数降序排列(表 5)。再结合土

表 5 1985—2021 年土地利用类型转移统计

Table 5 Transformation between land use types in the coastal zone of mainland China from 1985 to 2021

序号	编码	土地利用 变化类型	图谱变化 单元数	面积/km ²	变化比例/%	空间分 离度	森林转入/ 转出	土地是否 退化
1	18	耕地→不透水面	42 773 928	38 496.54	43.64	0.03	—	是
2	12	耕地→林地	15 965 937	14 369.34	16.29	0.04	转入	—
3	21	林地→耕地	12 785 589	11 507.03	13.04	0.05	转出	是
4	15	耕地→水域	5 870 846	5 283.76	5.99	0.07	—	—
5	58	水域→不透水面	3 657 499	3 291.75	3.73	0.09	—	—
6	42	草地→林地	2 745 244	2 470.72	2.80	0.10	转入	—
7	41	草地→耕地	2 723 659	2 451.29	2.78	0.10	—	—
8	51	水域→耕地	2 487 722	2 238.95	2.54	0.10	—	—
9	78	裸地→不透水面	1 662 253	1 496.03	1.70	0.13	—	是
10	75	裸地→水域	1 589 646	1 430.68	1.62	0.13	—	—
11	28	林地→不透水面	1 422 418	1 280.18	1.45	0.14	转出	是
12	85	不透水面→水域	1 003 805	903.42	1.02	0.16	—	—
13	14	耕地→草地	824 054	741.65	0.84	0.18	—	是
14	48	草地→不透水面	770 415	693.37	0.79	0.19	—	是
15	71	裸地→耕地	451 562	406.41	0.46	0.25	—	—
16	45	草地→水域	307 297	276.57	0.31	0.30	—	—
17	81	不透水面→耕地	282 540	254.29	0.29	0.31	—	—
18	32	灌丛→林地	139 225	125.30	0.14	0.44	转入	—
19	52	水域→林地	131 459	118.31	0.13	0.46	转入	—
20	24	林地→草地	113 276	101.95	0.12	0.49	转出	是
21	25	林地→水域	90 205	81.18	0.09	0.55	转出	—
22	17	耕地→裸地	53 414	48.07	0.05	0.71	—	是
23	57	水域→裸地	43 074	38.77	0.04	0.80	—	—
24	47	草地→裸地	34 207	30.79	0.03	0.89	—	是
25	23	林地→灌丛	28 638	25.77	0.03	0.98	转出	是
26	31	灌丛→耕地	16 942	15.25	0.02	1.27	—	—
27	34	灌丛→草地	10 919	9.83	0.01	1.58	—	是
28	87	不透水面→裸地	9 349	8.41	0.01	1.71	—	—
29	54	水域→草地	9 318	8.39	0.01	1.71	—	—
30	74	裸地→草地	5 563	5.01	0.01	2.21	—	—
31	27	林地→裸地	3 651	3.29	0.01	2.73	转出	是
32	82	不透水面→林地	3 032	2.73	0.01	3.00	转入	—
33	72	裸地→林地	2 100	1.89	0.00	3.60	转入	—
34	43	草地→灌丛	1 800	1.62	0.00	3.89	—	—
35	13	耕地→灌丛	782	0.70	0.00	5.90	—	是
36	84	不透水面→草地	685	0.62	0.00	6.30	—	—
37	38	灌丛→不透水面	528	0.48	0.00	7.18	—	是
38	37	灌丛→裸地	68	0.06	0.00	20.01	—	是
39	35	灌丛→水域	20	0.02	0.00	36.90	—	—
合计			98 022 669	88 220.42	100.00	—	—	—

注: “→”代表“转为”,例如“耕地→林地”表示“耕地转为林地”;—为无数据。

地利用转移矩阵,分析可知,中国大陆海岸带各土地利用类型主要通过侵占耕地的方式实现扩张。其中,耕地对不透水面的贡献率达 85.06%。耕地对林地和草地的贡献率分别为 84.09% 和 85.50%。水域扩大主要源于耕地、不透水面和裸地转化,其中耕地对水域扩张的贡献率最大,为 66.25%。

1985—2021 年中国大陆海岸带有 39 类土地利用图谱发生变化,转移面积共 88220.42 km²。变化比例高于 5% 的有 4 种类型,且均与耕地有关。其中最高的是耕地→不透水面(编码:18),变化比例为 43.64%,转移面积为 38496.54 km²,空间分离度为 0.03。耕地→林地(编码:12)变化比例为 16.29%,空间分离度为 0.04。林地→耕地(编码:21)转移面积为 11507.03 km²,变化比例为 13.04%,空间分离度为 0.05。耕地→水域(编码:15)变化比例为 5.99%,空间分离度为 0.07。在土地类型转换过程中,空间分离度较高、但变化比例低于 0.01% 的转换方式有 7 种,以灌丛和其它土地类型的互相转换为主。

将研究区分离度均值 0.5 作为空间分离度的临界值,在编码 24 前的图谱类型变化比例较高,但分离度普遍较低且相近,表明这些图谱类型在研究区变化较为集中。编码 24 后的图谱类型空间分离度明显上升,表明这些土地利用转型过程在研究区呈分散式分布。研究区 20 种图谱类型呈集聚式分布,19 种图谱类型为分散式,其中最为分散的是灌丛→水域(编码:35)图谱类型,远远高出编码 37 的分离度(20.01),可见灌丛和水域转出不活跃,空间较分散。

利用 ArcGIS 将 1985—2021 年土地利用变化的 39 种类型图谱单元进行空间化,图谱单元变化

最显著的是“耕地→不透水面(编码:18)”,该图谱空间变化主要分布在环渤海和珠江三角洲地区;其次是“耕地→林地(编码:12)”,主要分布在浙江、福建和广东等靠近内陆的区域;“林地→耕地(编码:21)”的图谱空间变化分散在辽宁中部和广东南部地区。

2.2 联合国可持续发展目标评价

2.2.1 联合国可持续发展目标 15.1.1 指标

1985—2021 年,中国大陆海岸带森林覆盖率呈波动式增长(图 1),森林覆盖率增加了 0.88%,森林面积增加了 4088.89 km²(表 6)。1985 年森林覆盖率最低,为 32.83%,1990 年和 1995 年森林覆盖率缓慢增长,直到 2000 年森林覆盖率下降至 33.32%,2010 年达到最高值 34.48%,2015 年和 2021 年森林覆盖率下滑到 34.22% 和 33.71%。结合表 6 和表 7,可以看出,中国大陆海岸带森林经历 4 个扩

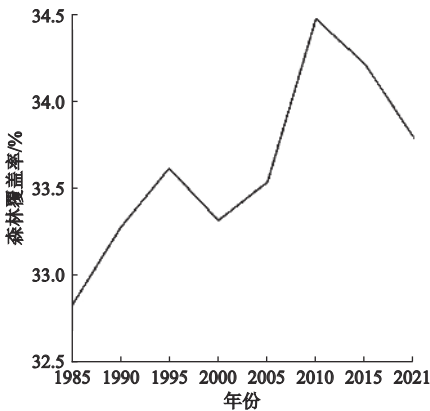


图 1 1985—2021 年中国大陆海岸带森林覆盖率
Fig.1 Forest cover rate of land use change in the coastal zone of mainland China from 1985 to 2021

表 6 1985—2021 年森林面积变化

Table 6 Forest area change from 1985 to 2021

森林变化/km ²	1985—1990年	1990—1995年	1995—2000年	2000—2005年	2005—2010年	2010—2015年	2015—2021年	1985—2021年
森林扩张	3594.12	6600.77	5142.59	6206.80	8812.69	4790.00	5127.84	17088.29
森林流失	1526.07	5001.82	6526.17	5184.06	4483.20	6005.21	7459.39	12999.40
净变化量	2068.05	1598.95	-1383.58	1022.74	4329.49	-1215.21	-2331.55	4088.89

表 7 中国大陆海岸带土地退化

Table 7 Land degradation in the coastal zone of mainland China

	1985—1990年	1990—1995年	1995—2000年	2000—2005年	2005—2010年	2010—2015年	2015—2021年	1985—2021年
退化/km ²	4695.66	12031.54	13519.46	12036.63	13570.42	12073.50	13776.90	54435.74
改善/km ²	4405.62	7859.76	5969.58	6941.21	9420.14	5314.20	5886.31	20112.87
退化率/%	1.01	2.60	2.92	2.60	2.93	2.61	2.98	11.76

张期(1985—1990年、1990—1995年、2000—2005年和2005—2010年)和3个流失期(1995—2000年、2010—2015年和2015—2020年)。其中,2005—2010年是森林扩张最显著的时期,森林净增加量为4329.49 km²,2015—2021年是森林流失最显著的时期,森林净减少量为2331.55 km²

2.2.2 联合国可持续发展目标 15.2 指标

通过1985—2021年土地利用转移矩阵分析,中国大陆海岸带有138944.20 km²的森林处于稳定状态,占比为82.20%,森林总改善面积超过总退化面积4088.89 km²(表6)。1985—2021年森林得到改善的转移方式有耕地转向林地、草地转向林地、水域转向林地、灌丛转向林地、不透水面转向林地和裸地转向林地等6种类型(表5)。其中耕地和草地是森林扩张的主要来源,耕地转换为林地的面积为14369.34 km²,贡献率为84.09%,草地转换为林地的面积为2470.72 km²,贡献率为14.46%。森林退化的主要表现为林地转向耕地和不透水面;林地转向耕地的面积为11507.03 km²,贡献率为88.52%;林地转向不透水面的面积为1280.18 km²,贡献率为9.85%。

将森林转入和转出的地块数据在ArcGIS中进行空间分析,发现森林退化集中分布在中国大陆海岸带南方沿海地区,特别是在广东省和广西壮族自治区,森林退化现象较明显。森林改善分布较为分散,以辽宁、河北、山东、浙江、福建和广西等地区为主。总体上森林改善总面积大于退化总面积,森林呈现改善趋势。

2.2.3 联合国可持续发展目标 15.3.1 指标

1985—2021年,中国大陆海岸带土地退化率整体上呈现出波动式上升趋势,土地退化与改善面积分别为54435.74 km²和20112.87 km²,退化面积是改善面积的2.7倍,退化率为11.76%(表7)。中国大陆海岸带在1985—1990年土地退化面积最少,退化率为1.01%。1990—1995年土地退化面积迅速增长为12031.54 km²,1995年后土地退化面积呈波动式变化。2015—2021年是中国大陆海岸带土地退化最严重的时期,虽有5886.31 km²土地得到改善,但退化面积为13776.90 km²,退化率达到最高值2.98%。36 a土地退化率前期快速增长,后期平稳式波动,1995—2021年土地退化率变化幅度减缓,趋于稳定,但是,与2030年土地退化零增长的发展目标还存在一定差距。

1985—2021年中国大陆海岸带有15种土地退化转移类型(表5)。耕地转向不透水面的转移方式导致了38496.54 km²的土地退化,贡献率为70.72%。林地转向耕地的转移方式导致11507.03 km²的土地退化,贡献率为21.14%。在所有土地退化转移方式中,由耕地转向其他用地而导致的土地退化面积为39286.96 km²,退化贡献率为72.17%;由林地转向其他用地而导致的土地退化面积为12918.22 km²,退化贡献率为23.74%;裸地的退化方式仅有1种,即裸地转向不透水面,其导致的土地退化面积为1496.03 km²,贡献率为2.75%;由草地转向其他用地而导致的土地退化面积为724.16 km²,退化贡献率为1.32%;由灌丛转向其他用地而导致的土地退化面积为10.37 km²,退化贡献率为0.02%。

利用ArcGIS将1985—2021年土地退化的地块进行空间分析,土地退化的区域主要集中在中国大陆海岸带的京津冀、长江三角洲和珠江三角洲等经济发达地区,这些地区也是不透水面扩张显著的区域。土地得到改善的地区主要分布在辽宁、山东、福建和广西等地,而未发生转移保持稳定的土地类型在空间分布上较分散。

3 讨论与建议

3.1 土地利用/覆盖变化情况

中国大陆海岸带土地利用类型在数量变化上,整体呈现耕地不断减少、不透水面快速增加、林地平稳式增加、水域波动式增加、草地、裸地和灌丛逐渐消失的发展趋势。前期土地的主要类型为耕地和林地,后期主要为耕地、林地和不透水面。中国大陆海岸带土地利用数量变化特征与侯婉^[40]、Abdullah^[41]、Leta^[42]、Ruiz-Luna^[43]等分别针对亚欧大陆、孟加拉国、埃塞俄比亚、墨西哥等典型海岸带土地利用变化动态的研究结果一致。土地利用/覆盖的数量和结构发生改变的主要原因是人类活动、经济发展和政策的影响。近年来,人类活动在渤海湾、莱州湾和辽宁湾扩张非常剧烈,导致湿地面积大幅减少,围垦、养殖、住房等人工表面的面积持续增加^[44]。为了发挥东部沿海地区的区位优势,中国在长江三角洲、珠江三角洲、闽东南地区和环渤海地区建立经济开发区,大量耕地、草地和裸地转化为不透水面。政策对中国大陆海岸带土地利用变化的影响主要体现在耕地、林地和不透水面上。在

2009 年永久基本农田保护制度和 2013 年“坚持 18 亿亩耕地”政策的影响下,研究后期耕地减少速度明显放缓。林地受到“三北”防护林建设和“退耕还林”政策的影响,长期以来保持基本稳定。在推动和实现京津冀协同发展、长江经济带发展、共建“一带一路”、粤港澳大湾区建设和长三角一体化发展等区域发展的过程中,海湾地区的围填海活动不断增加,不透水面扩张迅速。在研究中国大陆海岸带土地利用变化过程中,值得注意的是,人为干扰导致草地、裸地和灌丛不断地减少,若不采取相应地保护措施,这些土地类型可能会进一步减少,甚至消失。未来中国大陆海岸带需合理规划土地利用,有效应对自然因素和人为干扰引起的负面影响,以保障土地利用/覆盖的多样性。

3.2 联合国可持续发展目标的实现情况

研究区森林覆盖率 1985—2021 年总体上呈现上升趋势,森林得到保护和恢复,满足联合国可持续发展目标 15.1.1 要求。1978 年国家提出建设“三北”防护林,在此影响下,天津、河北、辽宁等沿海地区加大对森林的种植与保护。进入 21 世纪后,中国加大对福建、江西、广西、浙江和广东等天然林区的保护力度,坚决制止毁林开垦和乱占林地的行为。之后,在国家“五年规划”的指导下,提出了“林业五年规划”,将森林覆盖率作为约束性指标,中国林业发展取得了长足的进步。但是,不能忽视的是随着城镇化率的不断提高,部分地区仍存在森林衰退的现象^[25],因此推动和促进沿海地区生态体系的建设与维护,是未来不可或缺的任务。

1985—2021 年,中国大陆海岸带森林总改善面积高于总退化面积。部分森林在可持续管理影响下实现了恢复和扩张,满足可持续发展目标 15.2 要求。中国大陆海岸带在“退耕还林”政策影响下,森林改善主要来源于耕地和草地。伴随着经济发展和城市扩张,部分林地转换为耕地和不透水面,导致森林出现退化现象且集中分布在南部沿海地区。总体上看,中国大陆海岸带森林得到有效的恢复和控制,呈现改善趋势,但土地退化和土地改善的空间差异明显。广西和广东等海陆边界区的森林退化较为严重,这些地区在规划用地时应注重土地资源开发和投资方式,明确森林面积的比例,严格划定森林保护区域,完善区域土地相关制度,构建合理的土地利用开发模式。

可持续发展目标 15.3.1 指标表明中国大陆海

岸带土地退化率前期迅速增加,后期趋于稳定。土地利用变化模式以土地退化为主,土地退化面积高于改善面积,目前与土地退化零增长目标还存在一些差距。土地退化类型中以耕地和林地的退化为主,对应的退化贡献率较高,表明耕地和林地的流失是导致土地退化的主要原因。1985—1995 年为了加快中国沿海经济地区的发展,建设用地需求剧增使得耕地不断地向不透水面转换,耕地损失严重,导致大范围土地退化。1995 年后,土地退化率趋于稳定,是由于中国开始实施严格的耕地保护政策,耕地向不透水面转化面积大幅减少,耕地流失有所缓解。近年来,虽然土地退化率变化幅度较小,但是随着中国工业化和城市化的不断加快,已退化的土地远远超出了改善的土地。如果中国大陆海岸带土地利用仍延续目前的发展模式,实现可持续发展目标 15.3.1 的任务会更加艰巨。以中国大陆海岸带土地退化过渡矩阵为依据,分析可知中国大陆海岸带不透水面对林地、灌丛、耕地、草地和裸地的过度占用使土地发生退化,不透水面侵占大量的耕地和林地是导致研究区土地退化的主要原因。管理部门可以参考海岸带土地改善的用地类型转移方向,结合土地需求和土地类型特征合理规划用地布局,加大对耕地、林地和草地的保护投入与监管力度。对于耕地,应严格守住耕地保护红线和粮食安全底线,划分海岸带耕地的限制开发区和禁止开发区,并严格控制限制开发区内建设资源消耗高、环境污染重的工业项目,坚决禁止在开发区内进行耕地“非农化”行为,防止耕地无序开垦和撂荒。对于林地和草地,应设立植被自然保护区,保护土地生态功能与安全。从技术上,可以通过海水处理和生物工程等手段提高土地改善的效率。另外,应普及海岸带土地改善和退化的相关知识,加大宣传力度,增强公众的环保意识和可持续发展观念,促进公众积极参与海岸带可持续发展。在管理上,需严格实施海岸带土地退化监管措施,促进土地退化零增长目标的实现。

4 结论

本文选择中国大陆海岸带 1985 年、1990 年、1995 年、2000 年、2005 年、2010 年、2015 年以及 2021 年 8 期土地利用/覆盖数据,获取土地利用/覆盖现状及动态变化信息,并根据联合国可持续发展目标 15.1.1、15.2 和 15.3.1 指标,衡量中国大陆海岸

带 1985—2021 年土地利用/覆盖变化可持续发展情况, 主要结论如下:

中国大陆海岸带在人类活动、经济发展和政策的影响下, 不透水面、水域和林地增加, 耕地、草地、灌丛和裸地减少。前期土地利用类型组成结构以耕地和林地为主, 后期以耕地、林地和不透水面为主。中国大陆海岸带主要的土地利用变化类型分布较为集中, 耕地向不透水面转换的变化比例最高, 集中分布在环渤海湾、长江三角洲和珠江三角洲等人口密度高的经济圈地带。中国大陆海岸带在中国森林保护和退耕还林政策的影响下, 森林覆盖率有所上升, 森林得到恢复和改善, 满足联合国可持续发展目标 15.1.1 和 15.2。中国土地退化率增长幅度减缓, 但土地退化面积仍高于改善面积, 离实现 2030 年的可持续发展目标 15.3.1 还存在一定距离。未来需合理规划中国大陆海岸带土地利用, 加大土地改善力度, 促进可持续发展目标的实现。

致谢: 感谢武汉大学黄昕教授研究团队提供了土地利用/覆盖数据和数据指导。

参考文献(References):

- [1] 宋达泉. 我国海岸带土地、生物资源的开发利用 [J]. 自然资源学报, 1988, 3(2): 114-120. [Song Daquan. On the land and biological resources of seacoast zone and their exploitation and utilization of China. *Journal of Natural Resources*, 1988, 3(2): 114-120.]
- [2] 赵羿, 吴彦明. 海岸带的景观生态特征及其管理 [J]. 应用生态学报, 1990, 1(4): 373-377. [Zhao Yi, Wu Yanming. Landscape-ecological characteristics of zone its management. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1990, 1(4): 373-377.]
- [3] 万剑华, 刘树生, 马毅, 等. 基于遥感的海岸带地貌类型信息提取方法研究 [J]. 测绘通报, 2008, 381(12): 15-17. [Wan Jianhua, Liu Shusheng, Ma Yi et al. Research on geomorphologic information extraction in coastal zone based on remote sensing. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2008, 381(12): 15-17.]
- [4] 宋百媛, 侯西勇, 王晓利, 等. 海岸带土地利用变化多情景模拟——以山东海岸带为例 [J]. 海洋科学, 2022, 46(1): 22-33. [Song Baiyuan, Hou Xiyong, Wang Xiaoli et al. Multi-scenario simulation of land use change in coastal zones—A case study of Shandong coastal zone. *Marine Sciences* 2022, 46(1): 22-33.]
- [5] 侯西勇, 徐新良. 21 世纪初中国海岸带土地利用空间格局特征 [J]. 地理研究, 2011, 30(8): 1370-1379. [Hou Xiyong, Xu Xinliang. Spatial patterns of land use in coastal zones of China in the early 21st century. *Geographical Research*, 2011, 30(8): 1370-1379.]
- [6] 史姝姝, 窦银银, 陈永强, 等. 中国海岸带区域城市扩展遥感监测与内部地表覆盖时空分异特征分析 [J]. 自然资源遥感, 2022, 34(4): 76-86. [Shi Shushu, Dou Yinyin, Chen Yongqiang et al. Monitoring and of urban analysis of spatio-temporal change characteristics expansion and urban land sensing in coastal zones cover using remote of China. *Remote Sensing of Natural Resources*, 2022, 34(4): 76-86.]
- [7] Chen Dong, Wang Yafei, Shen Zhenyu et al. Long time-series mapping and change detection of coastal zone land use based on google earth engine and multi-source data fusion[J]. *Remote Sensing*, 2022, 14(1): 1
- [8] Crawford Thomas W, Rahman Munshi Khaledur, Miah Md Giashuddin et al. Coupled adaptive cycles of shoreline change and households in Deltaic Bangladesh: Analysis of a 30-year shoreline change record and recent population impacts[J]. *Annals of the American Association of Geographers*, 2021, 111(4): 1002-1024.
- [9] 高义, 苏奋振, 孙晓宇, 等. 近 20 a 广东省海岛海岸带土地利用变化及驱动力分析 [J]. 海洋学报 (中文版), 2011, 33(4): 95-103. [Gao Yi, Su Fenzhen, Sun Xiaoyu et al. A study on driving forces of land use change of Guangdong province coastal zone and islands in recent 20 a. *Haiyang Xuebao*, 2011, 33(4): 95-103.]
- [10] Tang Shisi, Song Laixi, Wan Shiqi et al. Long-time-series evolution and ecological effects of coastline length in coastal zone: a case study of the Circum-Bohai coastal zone, China[J]. *Land*, 2022, 11(8): 1291.
- [11] Ren Chunying, Wang Zongming, Zhang Bai et al. Remote monitoring of expansion of aquaculture ponds along coastal region of the Yellow River Delta from 1983 to 2015[J]. *Chinese Geographical Science*, 2018, 28(3): 430-442.
- [12] 田鹏, 李加林, 叶梦姚, 等. 基于地貌类型的中国东海大陆海岸带景观动态分析 [J]. 生态学报, 2020, 40(10): 3351-3363. [Tian Peng, Li Jialin., Ye Mengyao et al. Dynamic analysis of coastal landscape in China's East China Sea based on landform types. *Acta Ecologica Sinica*, 2020, 40(10): 3351-3363.]
- [13] Dhritiraj Sengupta, Ruishan Chen, Michael E Meadows et al. Mapping trajectories of coastal land reclamation in nine deltaic megacities using Google Earth engine[J]. *Remote Sensing*, 2019, 11(22): 2621.
- [14] Tian Peng, Li Jialin, Cao Luodan et al. Impacts of reclamation derived land use changes on ecosystem services in a typical gulf of eastern China: A case study of Hangzhou Bay[J]. *Ecological Indicators*, 2021, 132: 108259.
- [15] Stephens Scott A, Paulik Ryan, Reeve Glen et al. Future changes in built environment risk to coastal flooding, permanent inundation and coastal erosion hazards[J]. *Journal of Marine Science and Engineering*, 2021, 9(9): 1011.
- [16] Huismans Ymkje, van der Spek Ad, Lodder Quirijn et al. Development of intertidal flats in the Dutch Wadden Sea in response to a rising sea level: spatial differentiation and sensitivity to the rate of sea level rise[J]. *Ocean & Coastal Management*, 2022, 216: 105969.
- [17] 骆永明. 中国海岸带可持续发展中的生态环境问题与海岸科学发展 [J]. 中国科学院院刊, 2016, 31(10): 1133-1142. [Luo

- Yongming. Sustainability associated coastal eco-environmental problems and coastal science development in China. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*, 2016, 31(10): 1133-1142.]
- [18] Zheng Liang, Wang Ying, Li Jiangfeng. Quantifying the spatial impact of landscape fragmentation on habitat quality: A multi-temporal dimensional comparison between the Yangtze River Economic Belt and Yellow River Basin of China[J]. *Land Use Policy*, 2023, 125: 106463.
- [19] 童晨, 李加林, 叶梦姚, 等. 东海区海岸带景观格局变化对生态系统服务价值的影响 [J]. 浙江大学学报 (理学版), 2020, 47(4): 492-506. [Tong Chen, Li Jialin, Ye Mengyao et al. The effects of landscape pattern change on ecosystem services value in the coastal zone of the East China Sea. *Journal of Zhejiang University*, 2020, 47(4): 492-506.]
- [20] 宁立新, 周云凯, 张启斌, 等. 近 19 年江苏海岸带地区土地利用变化特征 [J]. 水土保持研究, 2017, 24(4): 227-233. [Ning Lixin, Zhou yunkai, Zang Qibin et al. Dynamic changes of land use in the coastal zone of Jiangsu Province over the recent 19 years. *Research of Soil and Water Conservation*, 2017, 24(4): 227-233.]
- [21] 孟紫琪, 龙凌波, 余倩楠, 等. 基于土地利用/覆盖变化的中国大陆沿海地区生态状况评价 [J]. 应用生态学报, 2018, 29(10): 3337-3346. [Meng Ziqi, Long Lingbo, She Qiannan et al. Assessment of ecological conditions over China's coastal areas based on land use / cover change Chinese. *Journal of Applied Ecology*, 2018, 29(10): 3337-3346.]
- [22] Mekuria Wolde, Diyasa Merga, Tengberg Anna et al. Effects of long-term land use and land cover changes on ecosystem service values: An example from the Central Rift Valley, Ethiopia[J]. *Land*, 2021, 10(12): 1373.
- [23] Sims Neil C, England Jacqueline R, Newnham Glenn J et al. Developing good practice guidance for estimating land degradation in the context of the United Nations sustainable development goals[J]. *Environmental Science & Policy*, 2019, 92: 349-355.
- [24] Rimal Bhagawat, Keshthkar Hamidreza, Stork Nigel et al. Forest cover and sustainable development in the Lumbini province, Nepal: Past, present and future[J]. *Remote Sensing*, 2021, 13(20): 4093.
- [25] Qiu Haihong, Hu Baoqing, Zhang Ze. Impacts of land use change on ecosystem service value based on SDGs report—Taking Guangxi as an example[J]. *Ecological Indicators*, 2021, 133: 108366.
- [26] Zhang Xinyi, Zhang Li, Bai Linyan et al. Assessment of localized targets of sustainable development goals and future development on Hainan island[J]. *Sustainability*, 2023, 15(11): 8551.
- [27] Xu Jiren, Renaud Fabrice G, Barrett Brian. Modelling land system evolution and dynamics of terrestrial carbon stocks in the Luanhe river basin, China: A scenario analysis of trade-offs and synergies between sustainable development goals[J]. *Sustainability Science*, 2022, 17(4): 1323-1345.
- [28] Yang Jie, Huang Xin. The 30 m annual land cover dataset and its dynamics in China from 1990 to 2019[J]. *Earth System Science Data*, 2021, 13(8): 3907-3925.
- [29] 刘纪远, 布和敖斯尔. 中国土地利用变化现代过程时空特征的研究——基于卫星遥感数据 [J]. 第四纪研究, 2000, 20(3): 229-239. [Liu Jiuyan, Bu He'aosi'er. Study on spatial-temporal feature of modern land use change in China: Using remote sensing techniques. *Quaternary Sciences*, 2000, 20(3): 229-239.]
- [30] 陈述彭, 岳天祥, 励惠国. 地学信息图谱研究及其应用 [J]. 地理研究, 2000, 19(4): 337-343. [Chen Shupeng, Yue Tianxiang, Li Huiguo. Studies on geo-informatic Tupu and its application. *Geographical Research*, 2000, 19(4): 337-343.]
- [31] 刘瑞, 朱道林. 基于转移矩阵的土地利用变化信息挖掘方法探讨 [J]. 资源科学, 2010, 32(8): 1544-1550. [Liu Rui, Zhu Daolin. Methods for detecting land use changes based on the land use transition matrix. *Resources Science*, 2010, 32(8): 1544-1550.]
- [32] 刘纪远, 刘明亮, 庄大方, 等. 中国近期土地利用变化的空间格局分析 [J]. 中国科学 D 辑, 2002, 32(12): 1031-1040. [Liu Jiuyan, Liu Mingliang, Zhuang Dafang et al. Spatial pattern analysis of land use changes in China recently. *Science in China (Series D)* 2002, 32(12): 1031-1040.]
- [33] 吕晓, 史洋洋, 黄贤金, 等. 江苏省土地利用变化的图谱特征 [J]. 应用生态学报, 2016, 27(4): 1077-1084. [Lyu Xiao, Shi Yangyang, Huang Xianjin et al. Geo-spectrum characteristics of land use change in Jiangsu Province, China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2016, 27(4): 1077-1084.]
- [34] 王思, 张路路, 林伟彪, 等. 基于 MODIS-归一化植被指数的广东省植被覆盖与土地利用变化研究 [J]. 生态学报, 2022, 42(6): 2149-2163. [Wang Si, Zhang Lulu, Lin Weibiao et al. Study on vegetation coverage and land-use change of Guangdong Province based on MODIS-NDVI. *Acta Ecologica Sinica*, 2022, 42(6): 2149-2163.]
- [35] Liu Shaoyang, Bai Jianjun, Chen Jun. Measuring SDG 15 at the county scale: Localization and practice of SDGs indicators based on geospatial information[J]. *Ispr International Journal of Geo-Information*, 2019, 8(11): 515.
- [36] Wang Tuo, Giuliani Gregory, Lehmann Anthony et al. Supporting SDG 15, life on land: Identifying the main drivers of land degradation in Honghe Prefecture, China, between 2005 and 2015[J]. *International Journal of Geo-Information*, 2020, 9(12): 710.
- [37] Peng Kaifeng, Jiang Weiguo, Ling Ziyang et al. Evaluating the potential impacts of land use changes on ecosystem service value under multiple scenarios in support of SDG reporting: A case study of the Wuhan Urban Agglomeration[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 307: 127321.
- [38] 程林, 田海兰, 武爱彬, 等. 近四十年来冀津海岸带土地利用时空变化及驱动因素 [J]. 海洋科学, 2021, 45(6): 135-146. [Cheng Lin, Tian Hailan, Wu Aibin et al. Spatiotemporal changes and the drivers of coastal land use in Hebei and Tianjin in recent 40 years. *Marine Sciences*, 2021, 45(6): 135-146.]
- [39] Tran Duy X, Pla Filiberto, Latorre Carmona Pedro et al. Characterizing the relationship between land use land cover change

- and land surface temperature[J]. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2017, 124: 119-132.
- [40] 侯婉, 侯西勇, 孙敏, 等. 2000—2010 年亚欧大陆中低纬度海岸带土地利用/覆盖变化及驱动力分析 [J]. *世界地理研究*, 2021, 30(4): 813-825. [Hou Wan, Hou Xiyong, Sun Min et al. Land use/land cover change along low-middle latitude coastal areas of Eurasia and their driving forces from 2000 to 2010. *World Regional Studies*, 2021, 30(4): 813-825.]
- [41] Abdullah Abu Yousuf Md, Masrur Arif, Adnan Mohammed Sarfaraz Gani et al. Spatio-temporal patterns of land use/land cover change in the heterogeneous coastal region of Bangladesh between 1990 and 2017[J]. *Remote Sensing*, 2019, 11(7): 790.
- [42] Leta Megersa Kebede, Demissie Tamene Adugna, Tränckner Jens. Modeling and prediction of land use land cover change dynamics based on land change modeler (LCM) in Nashe Watershed, Upper Blue Nile Basin, Ethiopia[J]. *Sustainability*, 2021, 13(7): 3740.
- [43] Ruiz-Luna Arturo, Berlanga-Robles César A. Land use, land cover changes and coastal lagoon surface reduction associated with urban growth in Northwest Mexico[J]. *Landscape Ecology*, 2003, 18(2): 159-171.
- [44] Wang Yafei, Liao Jinfeng, Ye Yuxuan et al. Long-term human expansion and the environmental impacts on the coastal zone of China[J]. *Frontiers in Marine Science*, 2022, 9: 1033466.

Land use and cover change and sustainable development in the coastal zone of mainland China

Liu Qinqing¹, Li Huan¹, Tian Hongzhen¹, Wei Na¹, Wu Zheng¹, Li Le², Chang Qing¹

(1. *School of Economics and Management, Tiangong University, Tianjin 300387, China;*

2. *Chilechuan Branch of Hohhot No.2 Middle School, Hohhot 010000, Inner Mongolia, China)*

Abstract: The change of land use and land coverage is an essential research topic in global change studies. Coastal zones are hotspots in this research field. We obtained land use and land cover data (CLCD) in the coastal zone of mainland China from 1985 to 2021. Land use change rate, transfer matrix of land use, geo-spectrum of land use change, indicators of United Nations' Sustainable Development Goals (SDGs) 15.1.1, 15.2 and 15.3.1 were used to analyze the characteristics of land use change and the progress in achieving the SDGs in the coastal zone of mainland China. 1) From 1985 to 2021, the overall trend of land use and land cover change in the coastal zone of mainland China was mainly characterized by cropland shrinkage and impervious surface expansion, followed by forest land expansion, then shrub, grassland and barren land contraction, and small expansion of water. 2) The main types of land use were cropland and forest in the coastal zone of mainland China in the beginning of the study period, but in the later years, cropland, forest and impervious surface were the main types. 3) The spatial separation degree of land use change was low in the study area, and the rate of change from cropland to impervious surface was the highest, and it was concentrated in the economic circles with high population density such as the Bohai Bay, the Yangtze River Delta and the Pearl River Delta. 4) In terms of SDG indicators, the SDG indicator 15.1.1 (forest coverage) increased by 0.88% (4 088.89 km²) in the coastal zone of mainland China. The SDG Indicator 15.1.1, forest area as a proportion of total land area, shows a promising sign of achieving SDG Target 15.1.1. Forests are effectively restored and controlled, showing a promising sign of achieving SDG Target 15.2. The land degradation rate rapidly increased in the early stage and stabilized in the later stage, with a land degradation rate of 11.76% in the study area over the past 36 years. Land degradation remains the main pattern of land change in the coastal zone of mainland China which suggests that in order to achieve a land degradation-neutral zone by 2030 as stated by SDG Target 15.3, more efforts are needed. Nonetheless, in the future, it is necessary to rationally plan the land use in the coastal zone of mainland China and dramatically improve land quality.

Key words: coastal zone of mainland China; land use change; United Nations Sustainable Development Goals; land use transfer matrix; geo-spectrum of land use change